

# Estimación de Parámetros de Estabilidad para Determinar la Respuesta de Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) a Ambientes Contrastantes de Centro América, Panamá y México<sup>1</sup>

Hugo S. Córdova<sup>2</sup>

## COMPENDIO

La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivares desarrollados para diferentes ambientes de producción, las diferencias entre ambientes y años pueden cambiar la magnitud de la respuesta relativa de los cultivares a ambientes contrastantes. Por esta razón, es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir la adaptación de cultivares. El objetivo del presente trabajo es determinar la adaptación de los híbridos de maíz desarrollados por los programas nacionales y compañías privadas a las diferentes regiones maiceras de Centro América y El Caribe. Treinta y seis híbridos fueron evaluados a través de 15 ambientes de Norte, Centro América y Panamá. Los modelos AMMI y Eberhart y Russell se utilizaron para estimar la estabilidad de los cultivos.

El nuevo híbrido HB-85 de ICTA, Guatemala rindió 5.700 kg/ha de grano superando al testigo H-5 con un 34 % y con excelente calidad de mazorca (cobertura y pudrición) su adaptación fue sobresaliente a la mayoría de ambientes favorables y desfavorables, en forma similar se comportó el híbrido P-8802 de Panamá. El modelo AMMI identificó a los híbridos MAX-309, P-8812, P-8822, HB-85 y HB-87 como los más estables. Los híbridos HB-85, HB-87 y HB-83 M mostraron estabilidad del rendimiento ( $\beta_1 = 1$ ,  $S_{di} = 0$ ) a través de 34 ambientes y 2 años. Se ha realizado notable progreso en la formación de híbridos en la región de Centro América y El Caribe, seleccionando en contra de factores adversos bióticos y abióticos. Se sugiere la promoción de los nuevos cultivares para incrementar la productividad del cultivo del maíz en la región.

**Palabras claves adicionales:** genotipo-ambiente, Genotipos, interacción.

## INTRODUCCIÓN

La interacción genotipo-ambiente merece gran importancia en la evaluación de cultivares desarrollados para diferentes circunstancias de producción, es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes. Los métodos de evaluación de cultivares, en los cuales se realiza una descomposición de la interacción genotipo - ambiente, es muy útil para identificar genotipos estables (Tai, 1971) citado por Shukla (1972). La interacción genotipo - ambiente encontrada en estudios de evaluación de cultivares en varios ambientes justifica la integración del rendimiento y estabilidad del comportamiento (Kang *et al.* 1990), Kang (1988 B) desarrolló un método que

## ABSTRACT<sup>3</sup>

Genotype by environment interactions are extremely important when evaluating cultivars developed for diverse environmental conditions. Differences in environments and years can change the relative ranking of genotypes across environments. Thus, it is necessary to incorporate stability parameters to properly define the adaptation of cultivars to given environments. The objective of this study was to determine the adaptation of maize hybrids developed by National Programs and private seed industries in Central America and the Caribbean. Thirty six (36) hybrids were evaluated across 15 locations during 1989 throughout North and Central America. Cultivar, performance and yield stability was analyzed using AMMI and Eberhart and Russell models.

Hybrid HB-85 from ICTA yielded 5.7 t/ha, outyielding the local check H-5 by 34 %. In addition, this hybrid had excellent husk cover and minimal ear rot, and proved adapted to both favorable and unfavorable environments. Hybrid P-8802 from Panama also showed similar performance. The AMMI model identified the hybrids MAX-309, P-8812, P-8822, HB-85 and HB-87 as the most stable. Hybrids HB-85, HB-87, and HB-83M showed stability of grain yield ( $\beta_1 = 1$ ,  $S_{di} = 0$ ) across 34 sites and 2 years. Good progress has been achieved in the production of hybrids adapted to adverse abiotic and biotic stresses for the Central American and Caribbean region. It is suggested that the use of these new hybrids be encouraged to increase the productivity of maize in the region.

integra la media de rendimiento y un parámetro de estabilidad genética ( $\sigma_1^2$ ) de Shukla (1972).

Una evaluación realista del comportamiento de cultivares adaptados a ambientes pobres y ricos, debe involucrar localidades cuya magnitud de la incidencia de factores adversos bióticos y abióticos contribuya a reducir la producción. La aplicación de modelos donde se estiman parámetros de estabilidad que identifican el comportamiento de los cultivares a través de diversos ambientes, contribuyen a la selección apropiada de los genotipos (Córdova 1989). El mejoramiento para adaptación amplia puede proveer la identificación de genotipos cuyo comportamiento sea superior en ambientes pobres

<sup>1</sup> Trabajo presentado en la XXXVI Reunión Anual del PCCMCA celebrada en San Salvador, El Salvador del 26 al 30 de marzo de 1990.

<sup>2</sup> Representante Regional del Programa de Maíz de CIMMYT para Centro América y El Caribe.

<sup>3</sup> El abstract es traducción del compendio.

Publicado en Agronomía Mesoamericana. Vol. 2 (1991).

y ricos, estos ambientes pueden estar caracterizados por condiciones de estrés, un cultivar estable bajo estas circunstancias posee una baja, interacción genotipo por ambiente, un coeficiente de regresión cercano 1.0 y un alto rendimiento. La importancia que tienen los factores responsables de la estabilidad del rendimiento a través de ambientes contrastantes, y la identificación de esos factores específicos es muy relevante para entender la naturaleza de la estabilidad del rendimiento y puede abrir un camino para el desarrollo de criterios de selección adicionales al rendimiento (Blum 1988).

El principal objetivo en el mejoramiento del maíz es la estabilidad del rendimiento o la respuesta consistente a condiciones óptimas y subóptimas. Recientemente los científicos preocupados por la producción de alimentos en el mundo, hacen esfuerzos por obtener progresos en rendimiento que sean sostenidos y duraderos. Este nuevo concepto solo se puede lograr a través del desarrollo de germoplasma, cuya respuesta sea consistente a través de ambientes marginales y bajo presión de factores limitantes Bióticos y Abióticos que respondan positivamente a ambientes favorables. Cuando una serie de genotipos se evalúan a través de años y localidades, el ambiente consiste en numerosos factores físicos, químicos y biológicos actuando independiente e interactuando entre ellos.

Yates y Cochran, Citados por Blum (1988); Finlay y Wilkinson (1963); Eberhart y Russell (1966) utilizaron modelos de regresión e índices ambientales y establecieron parámetros de estabilidad para determinar el comportamiento de cultivares a través de una serie de ambientes contrastantes. Genotipos con una media de rendimiento alta,  $\beta_1 = 1$ ,  $S_{di} = 0$  son definidos como estables en la concepción del último de los autores. Durante los últimos 10 años estos modelos han sido utilizados ampliamente en Centro América y El Caribe (Córdova, 1988).

El modelo AMMI (Efectos principales aditivos e interacción multiplicativas), es el modelo a escoger cuando existen datos de experimentos que muestran significancia en los efectos principales y sus interacciones, AMMI integra algunos modelos estadísticos comúnmente aplicados a series de ensayos de rendimiento, esta integración incluye el análisis de varianza (ANV A) cuyo modelo es aditivo, el análisis de componentes principales (PCA) el cual es multiplicativo y el modelo de regresión lineal de Pinlay-Wilkinson (Zobel y Gauch, 1989).

Este trabajo tiene los siguiente objetivos:

a. Determinar la adaptación de los híbridos de Maíz desarrollados por los Programas Nacionales y Compañías Privadas a las diferentes regiones maiceras de Centro América y El Caribe.

b. Estimar los parámetros de estabilidad que permiten

describir los genotipos de acuerdo a su respuesta a través de ambientes contrastantes.

c. Realizar un análisis combinado de años y localidades a través de un modelo comprensible que permita inferencias acertadas.

d. Establecer un mecanismo oficial en el cual los programas nacionales puedan basar sus decisiones en cuanto a la selección del germoplasma adecuado a las circunstancias de cada país, de tal manera que la información de varias localidades y años analizada en forma combinada genere recomendaciones más confiables.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Las pruebas de comportamiento de variedades cuando se realizan convencionalmente ofrecen información sobre la interacción genotipo - ambiente, pero no dan una idea de la estabilidad de las variedades evaluadas (Córdova *et al.* 1978). De allí que el análisis de estabilidad, es un buen instrumento en la identificación de germoplasma de gran potencial para los programas de mejoramiento. En base a la interpretación de los parámetros de estabilidad, Carballo y Márquez (1970) clasifican a una variedad estable cuando  $\beta_1 = 1$ ,  $S_{di} = 0$ , además por tener una alta media de rendimiento en relación con el resto de variedades.

Sprague y Jenkins (1943) y Allard y Bradshaw (1967), citados por Córdova (1977), coinciden en que la mayor diversidad genética (cruzas simples en maíz por ejemplo) dota a las poblaciones de mayor estabilidad, que las hace idóneas para utilizarse también en ambientes desfavorables.

Allard y Bradshaw (1967), describen dos formas a través de las cuales una variedad puede exhibir estabilidad: 1. amortiguamiento poblacional; la variedad puede estar constituida de varios genotipos cada uno adaptado a un rango de ambientes un tanto diferentes y 2. amortiguamiento individual; los individuos mismos pueden tener también amortiguamiento de manera que cada miembro de la población esté bien adaptado a un amplio rango de condiciones ambientales. De esta forma, las poblaciones homogéneas: homocigóticas o heterocigóticas (líneas puras y cruzas simples, respectivamente) dependerán obviamente del amortiguamiento individual para tener una población estable, mientras tanto el amortiguamiento individual como el poblacional podrán estar presentes en poblaciones heterogéneas. El amortiguamiento poblacional, se refiere a aquel que se encuentra por arriba de los constituyentes de la población, por lo que resulta de las interacciones entre los diferentes genotipos que coexisten en ella. Citan como ejemplo la revisión hecha por Simonds (1964), quien encontró que poblaciones mezcladas son casi siempre más estables en rendimiento que sus componentes individuales, y el trabajo de Jones (1958), que compara cruza simples y dobles, encuentran

do que los coeficientes de variación fueron menores en las cruzas dobles (12.31 %) que para cruzas simples (21.41 %).

El progreso en rendimiento y adaptabilidad se podría lograr fácilmente si se identifican genotipos estables en generaciones tempranas (Bonny y Kerlova, 1985).

Eberhart y Russell (1966) citados por Córdova (1978) postulan que aunque la estabilidad de una craza doble proviene de la mezcla de genotipos, también parece que está bajo control genético o sea que ciertos genotipos pueden mostrar mayor estabilidad que otros, de manera que pueden obtenerse cruzas simples, genéticamente estables de mayor rendimiento que las cruzas dobles. En su investigación encontraron cruzas simples tan estables como cualquier craza doble, sugiriendo que las cruzas simples difieren en su habilidad de respuestas a condiciones ambientales más favorables; la suma de cuadrados de desviaciones de regresión parece ser el parámetro más importante y que es probable que estén involucrados en esa estabilidad todos los tipos de acción genética.

Carballo y Márquez (1970), en su trabajo sobre estimación de parámetros de estabilidad en variedades de maíz, hacen notar que el grupo de variedades de alto rendimiento, los coeficientes  $\beta_1$  no difieren mucho de 1 o son inferiores a este valor. Mencionan que la tendencia general fue la asociación de altos rendimientos con altos valores de  $\beta_1$  y la asociación negativa de rendimiento y de  $\beta_1$  con  $S^2d_1$ .

Gardner y Mareck (1977), en su trabajo de evaluación de cuatro poblaciones formadas a través de selección masal, su variedad progenitora Hays y Golden y un híbrido testigo sembrados en catorce localidades, calcularon parámetros de estabilidad para cada entrada, utilizando la regresión para rendimiento con un índice ambiental, las poblaciones seleccionadas mostraron una respuesta mayor ( $b_1 = 1.01$  a  $1.30$ ). El híbrido testigo ( $b_1 = 0.74$ ) en todas las localidades obtuvo rendimientos bajos, los rendimientos de la población seleccionada no fueron diferentes a los de la población original, concluyeron que la selección ha sido eficiente para aquellos alelos que permiten a las poblaciones mejorar o responder a las prácticas modernas de cultivo. La respuesta estimada a la selección variará dependiendo del nivel de rendimiento de la localidad en prueba. Esto explica el porqué en evaluaciones de la respuesta de la selección en masa en años secos (1974, 1975 y 1976) encontraron un decremento en rendimientos relativos de poblaciones mejoradas, en comparación con las poblaciones originales. Miezán *et al.* (1977), mencionan una expansión de la fórmula de coeficiente de regresión sugerida por Finlay y Wilkison, (1963) como parámetro de estabilidad, demostrando que el parámetro puede ser significativamente alterado por genotipos extremos, ejemplo: aquellos con una varianza pequeña o muy grande. Al parecer, no todos los genotipos deberán involucrarse en la estimación de índices ambientales.

Dos métodos han sido sugeridos: (1) Utilizar un juego de genotipos de igual varianza (dentro de las magnitudes in-

termedias) para estimar los índices ambientales; (2) Usar la media ajustada de los genotipos en cada ambiente para definir el ambiente. Ellos utilizaron los datos de rendimiento de maíz en Kansas como ejemplo, confirmando los efectos de los genotipos externos. Sin embargo, no se obtuvieron cambios significativos en el coeficiente ( $sw$ ) de regresión cuando se usaron diferentes combinaciones de genotipos para estimar los índices ambientales. Encontraron dificultad en la interpretación del coeficiente de regresión cuando la varianza entre genotipos no es cero.

Rows y Andrews (1974), citados por Córdova' (1978) estudiaron la estabilidad de seis poblaciones de maíz representativas de cuatro grados de heterocigocidad: líneas endogámicas (90%)  $F_3$  y  $RC_2$  (25%),  $F_2$  y  $RC_1$  (50%) y  $F_1$  (100%). Para el carácter rendimiento, tomando ala componente de varianza entre ambientes como criterio ( $F_2$ ) encontraron asociado un mayor grado de heterocigocidad con tamaños mayores de 2, o sea con una menor estabilidad. En relación a la diversidad genética, los autores encontraron "Sorpresivo" que las poblaciones  $F_2$ ,  $F_3$  y  $RC_2$  (heterogéneas) no fueron más estables que la del grupo de líneas (homogéneas) añadiendo que las  $F_1$  deberían haber sido mas estables que las líneas. Con respecto a la componente VE no hubo una asociación clara con el nivel de heterocigocidad, presentándose descendentemente su tamaño como sigue: Líneas  $F_1$ ,  $F_3$ ,  $RC_2$  y  $F_2$ , o sea que las líneas y las  $F_1$  interaccionaron mas con los ambientes. En el análisis de regresión de cada grupo sobre los ambientes, de acuerdo al método de Finlay y Wilkison (1963), los mayores cuadrados medios para las desviaciones de regresión correspondieron también a las líneas ya las  $F_1$ , mientras que los coeficientes de regresión aumentaron con mayor grado de heterocigocidad.

Salguero *et al.* (1977) evaluaron diez variedades e híbridos de maíz en once ambientes en Sur-Oriente de Guatemala, encontrando variedades estables ( $\beta_1=1$ ) ( $S_{di}^2=0$ ), los cuales tuvieron altos rendimientos aún bajo condiciones de humedad limitada.

Dávila *et al.* (1978) estimaron los parámetros de estabilidad utilizando el modelo de Eberhart y Russell (1966), para identificar germoplasma criollo utilizable en el Programa de Mejoramiento del Altiplano, alto y medio. Los autores concluyen que dentro del germoplasma criollo existen variedades con alto potencial de rendimiento y estabilidad mostrada a través de nueve localidades del altiplano medio de Guatemala. A la vez encontraron que altos rendimientos están positivamente correlacionados a coeficientes de regresión y desviaciones de regresión ( $r = 0.99$  y  $0.66$ , respectivamente).

De paz *et al.* (1977-1978), encontraron una fuerte interacción entre variedad por ambiente al evaluar variedades mejoradas y criollas en el altiplano de Guatemala. Por lo que recomiendan que la estabilidad se puede mejorar evaluando las familias (que constituyen las poblaciones, que darán origen a.

Córdova *et al.* (1978, 1988), utilizando el modelo de Eberhart y Russell para determinar el comportamiento de cultivares a través de varios años y localidades, encontró respuestas de cultivares a ambientes favorables y desfavorables y concluye que los parámetros de estabilidad estimados describen apropiadamente la respuesta de las variedades a los sitios contrastantes donde fueron evaluados.

Algunas metodologías utilizadas para describir la adaptación de cultivares están basadas en agrupación de cultivares utilizando el índice de disimilaridad de Lin (Osorio 1988), sin embargo esta metodología fue acertada al comparar el origen genético de los cultivares agrupados, el autor concluye que los cultivares manifiestan un comportamiento semejante en las diferentes localidades, atribuible a su igualdad genética, pero esta inferencia es cierta solamente en algunos casos. Deben medirse parámetros ambientales para correlacionarlos con parámetros de estabilidad.

La eficiencia de la estimación de parámetros o modelos de estabilidad, ha sido discutida por Crossa (1988), Osorio (1988), utilizando el modelo AMMI se puede multiplicar la eficiencia de los experimentos hasta tres veces (Crossa, 1998).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo uniforme de maíz del PCCMCA involucra la evaluación de 36 híbridos de Programas Nacionales y Compañías Privadas Nacionales y Transnacionales. Los 36 híbridos descritos en el Cuadro 1, se evaluaron bajo un diseño uniforme de látice simple, 6 x 6, con cuatro repeticiones en 15 localidades de Centro América, Panamá México y Estados Unidos. La parcela experimental consta de cuatro surcos de 5 metros de largo; la parcela útil es de 44 plantas teóricamente.

Las variables estudiadas fueron: rendimiento, días a flor, altura de planta y mazorca, enfermedades de importancia económica, pudrición de mazorca, cobertura de mazorca, acame y prolificidad. La responsabilidad y preparación de los ensayos se define en forma rotativa en las reuniones anuales. En 1989, Honduras fue responsable de preparación de ensayos y fueron enviados a 26 localidades, de las cuales al 15 de marzo de 1990, solo se recibieron 18 libros de campo, o sea 68% de recuperación.

### Análisis Estadístico

Se realizó análisis de varianza por localidad bajo el modelo de látice para rendimiento, altura de mazorca, días a flor, mazorcas descubiertas y podridas y porcentaje de prolificidad por localidad.

El modelo está dado por:

$$Y_{ijq} = \mu + R_i + B_{ij} + T_q + \epsilon_{ijq}$$

**Cuadro 1 Cultivares evaluados en el Ensayo Uniforme del PCCMCA en 1989.**

Entrada	Nombre	Origen	Color
1	HR-17	Seminal	Blanco
2	H-92	Tacsá	Blanco
3	HR-15	Seminal	Blanco
4	HB-85	ICTA, Guatemala	Blanco
5	HR-10 M	Seminal	Amarillo
6	H-203	Tacsá	Amarillo
7	H-90	Tacsá	Blanco
8	B-833	Dekalb	Blanco
9	H-5	Centa, El Salvador	Blanco
10	HA-46	ICTA, Guatemala	Amarillo
11	H-9	Centa, El Salvador	Blanco
12	H-889	Costa Rica	Blanco
13	HB-87	ICTA, Guatemala	Blanco
14	HS-UT-25	Cuba	Amarillo
15	HB-83	ICTA	Blanco
16	HS-3G3	Cristiani Burkard	Blanco
17	H-53	CENTA, El Salvador	Blanco
18	HS-5G1	Cristiani Burkard	Blanco
19	XC-H-51	Pioneer	Amarillo
20	XC-H-53	Pioneer	Amarillo
21	HS-5G	Cristiani Burkard	Blanco
22	HS-3G4	Cristiani Burkard	Blanco
23	ZCJ-66	Pioneer	Blanco
24	MAX-307	Agridec	Blanco
25	MAX-309	Agridec	Blanco
26	MAX-311	Agridec	Blanco
27	P-8822	IDIAP, Panamá	Amarillo
28	P-8812	IDIAP, Panamá	Amarillo
29	P-8802	IDIAP, Panamá	Amarillo
30	P-8941	Dekalb	Blanco
31	H-887	Costa Rica	Blanco
32	H-B-30	RR.NN. Honduras	Blanco
33	H-B-33	RR.NN. Honduras	Blanco
34	HA-51	RR.NN. Honduras	Amarillo
35	HA-52	RR.NN. Honduras	Amarillo
36	ROCA-1	Semillas San José	Amarillo

donde:

$Y_{ijq}$  = Efecto del q-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque dentro de la i-ésima repetición.

$\mu$  = Efecto de la media

$R_i$  = Efecto de la repetición

$B_{ij}$  = Efecto del bloque incompleto

$T_q$  = Efecto del tratamiento

$\epsilon_{ijq}$  = Efecto del error

Las comparaciones de medias se realizaron por la prueba de Tukey y la Diferencia Mínima Significativa Honesta (DMSH).

### Análisis de Estabilidad

El análisis combinado de estabilidad para 1989, se

**Cuadro 2 Estadísticos estimados en el Análisis de Varianza para Rendimiento de 36 Híbridos de Maíz evaluados en 15 localidades del Norte, Centro América y Panamá. PCCMCA 1989.**

País	Localidad	Código	Media	C.V.	F.001	MDS
Honduras	Comayagua	PC01	4.400	19.00	**	1.280
El Salvador	SC Porrillo	PC02	4.235	13.12	**	0.786
Guatemala	Cuyuta	PC03	5.694	10.63	**	0.838
Nicaragua	Sn. Cristobal	PC09	3.123	17.50	**	0.758
Panamá	Parita	PC10	4.850	16.78	**	0.622
Panamá	Los Santos	PC11	4.756	10.10	**	0.673
Honduras	Catacamas	PC13	5.374	09.58	**	0.713
Honduras	Omonita	PC15	4.620	12.68	**	0.812
Honduras	Zamorano	PC16	5.029	14.45	**	1.080
Honduras	Acacias	PC17	6.780	12.57	**	1.160
Guatemala	Tiquizate	PC20	3.820	11.17	**	0.610
México	Tapachula	PC21	5.458	09.53	**	0.721
Guatemala	La Vegas	PC25	4.764	13.45	**	0.888
México	Poza Rica	PC26	6.944	09.17	**	0.883
USA	Weslaco	PC19	4.565	11.06	**	0.700

realizó bajo el modelo de Eberhart y Russell (1966).

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i + B_{ij} + I_j + S_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente (1=1,2,...v; J=1,2,3...n).

$\mu_i$  = La media de la i-ésima variedad a través de todos los ambientes.

$\beta_i$  = Coeficiente de regresión que mide respuesta de la variedad i en varios ambientes

$I_j$  = Índice ambiental obtenido como el promedio de todas las variedades en el j-ésimo ambiente menos la media general

$S_{ij}$  = Desviación de regresión de la variedad i en el ambiente j

Para establecer la relación existente entre la descripción de estabilidad de Eberhart y Russell(1966), se analizaron los resultados por el modelo AMMI.

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_{n=1}^N \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge}$$

donde:

$Y_{ge}$  = es el rendimiento promedio de un genotipo g en ambiente e.

$\mu$  = es la media general.

$\alpha_g$  = son las desviaciones de las medias de los genotipos.

$\beta_e$  = desviaciones de las medias de ambientes.

$N$  = es el número de PCA retenidos en el modelo.

$\lambda_n$  = es el valor singular para el PCA.

$\gamma_{gn}$  = son los valores de vectores de los genotipos para cada PCA.

$\delta_{en}$  = son los valores de los vectores para cada ambiente PCA.

$\rho_{ge}$  = es el residual.

### Análisis de Correlaciones Simples

Para estudiar el grado de asociaciones entre rendimiento y características agronómicas de baja heredabilidad como mala cobertura y pudrición de mazorca, se estimaron coeficientes de correlación simple.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Algunos de los cultivos evaluados en catorce localidades de Centro América, Panamá y México, mostraron comportamiento relativamente diferentes, a algunos de los ambientes contrastantes donde fueron evaluados (Córdova 1978, 1989 y De Paz *et al.* 1979) (Cuadro 3).

En el cuadro 2 se presenta los estadísticos estimados en el análisis de varianza para rendimiento por localidad. El experimento que obtuvo el valor más bajo de CV fue la localidad de TACSA en Tapachula, México y el valor más alto de (19.00%) en Comayagua, Honduras. Los índices ambientales indican los contrastes de ambientes donde fueron evaluados los 36 cultivos involucrados en el presente trabajo (Cuadro 3).

En el cuadro 4 se incluye la información pertinente a los estadísticos estimados en el análisis de varianza combinado de 14 localidades, para variables de importancia económica y genética consideradas en el presente trabajo. La interacción híbrido localidad fue significativa para todas las variables lo cual indica que los genotipos mostraron una respuesta relativamente diferente en algunas localidades. La variable de mayor importancia, mazorcas podridas mostró una variación de 3.62 a 16.32% lo cual indica que existen genotipos resistentes a este factor adverso de origen biótico.

Pudrición de mazorca es la enfermedad de mayor importancia económica en Honduras, Costa Rica y Guatemala considerándose pérdidas anuales de hasta el 20%. El híbrido HA-46 muestra una considerable resistencia a esta enfermedad (3.62% contra 10% de H-5 y 16.00% de Dekalb P-8941)

Cuadro 3 Medias de rendimiento e Índices Ambientales de 36 Híbridos de Maíz evaluados en 14 Ambientes de Centro América, Panamá y México, PCCMCA 1989.

Hb	CP01	CP02	CP03	CP09	CP10	CP11	CP13	CP15	CP16	CP17	CP20	CP21	CP25	CP26	Promedio
1	4.53	3.98	5.00	2.68	5.34	4.78	5.16	4.57	5.33	6.57	3.95	5.97	4.58	6.37	4.94
2	5.22	4.54	5.61	3.46	5.17	4.65	5.40	4.32	5.75	6.41	3.78	5.34	4.78	5.91	5.03
3	2.33	3.93	5.33	3.64	5.05	4.57	4.65	4.23	5.60	6.14	4.24	5.42	4.06	6.48	4.69
4	3.88	4.54	6.41	4.01	6.57	5.01	6.49	5.04	6.01	8.05	4.50	6.53	5.51	7.54	5.72
5	2.46	1.85	3.38	1.90	3.51	3.30	2.92	2.40	3.02	4.32	2.13	3.26	2.66	4.73	2.99
6	3.27	4.00	4.86	2.42	4.01	4.69	4.70	4.41	4.76	5.03	3.90	5.40	5.02	7.33	4.56
7	4.62	3.98	5.34	3.40	4.42	3.98	5.44	4.53	5.29	6.57	4.09	5.74	3.87	5.43	4.76
8	4.56	3.82	5.39	3.48	4.82	4.77	5.80	4.49	6.39	7.81	3.51	5.68	5.07	7.78	5.24
9	4.28	3.62	4.14	2.94	3.03	4.21	4.77	4.04	4.82	6.64	3.54	4.36	4.50	6.85	4.41
10	6.11	4.63	6.11	3.66	4.68	4.70	5.72	4.11	5.51	6.83	3.88	5.66	4.50	6.82	5.25
11	2.89	5.01	6.31	2.81	5.64	4.64	5.30	5.27	4.77	7.44	4.09	6.01	6.16	7.56	5.28
12	5.63	4.17	5.97	3.03	4.39	4.84	5.98	4.75	5.54	6.85	3.77	5.05	4.08	7.23	5.10
13	3.87	4.39	7.25	3.80	4.89	5.09	6.38	5.35	5.27	7.97	4.67	6.10	5.97	4.92	5.42
14	3.99	4.03	4.90	3.15	4.41	4.37	4.56	3.77	4.31	6.66	3.64	5.26	4.40	6.34	4.56
15	3.84	4.46	6.46	3.55	5.89	4.61	5.64	4.22	3.67	5.96	3.79	6.44	4.98	7.53	5.08
16	3.56	4.09	5.96	2.55	5.09	5.05	4.99	5.50	4.09	6.12	4.15	6.35	5.75	7.70	5.07
17	2.73	4.33	5.82	3.46	5.14	4.29	5.17	4.26	4.94	6.71	3.76	5.91	4.51	6.10	4.80
18	3.16	4.21	6.12	3.22	4.50	4.41	5.41	4.41	4.55	6.07	3.92	5.76	4.55	5.54	4.70
19	5.37	4.48	6.75	2.70	4.68	4.49	5.74	4.31	5.32	7.20	3.60	5.58	4.66	7.19	5.15
20	6.05	4.38	6.05	3.56	4.51	4.61	5.18	5.23	4.91	7.93	3.74	5.32	5.65	7.35	5.34
21	4.59	3.83	5.71	3.38	5.26	4.28	5.07	3.89	5.03	6.35	3.86	5.44	4.63	6.63	4.86
22	5.53	5.16	6.22	2.69	5.24	5.20	5.36	5.34	4.10	7.15	4.36	7.25	5.95	8.36	5.57
23	6.01	4.14	5.54	2.89	5.37	4.47	5.49	5.04	5.48	7.15	3.80	5.27	4.76	8.00	5.24
24	5.97	4.72	5.44	2.06	5.18	5.23	5.18	4.45	5.17	6.19	3.70	5.45	4.47	7.07	5.02
25	4.31	4.96	5.79	2.95	4.68	5.04	4.98	4.76	5.44	6.79	3.95	5.02	4.76	7.24	5.04
26	5.95	5.33	6.42	2.60	5.45	5.25	5.33	4.88	5.72	7.46	4.10	5.38	4.77	7.86	5.54
27	4.31	4.63	6.10	3.58	4.67	5.37	5.86	5.21	4.90	7.26	3.73	5.53	4.78	7.88	5.28
28	4.42	4.36	5.80	2.91	5.37	5.54	5.06	5.16	5.84	7.47	3.37	6.06	4.78	7.81	5.29
29	7.20	4.45	7.00	3.37	5.54	5.38	5.86	4.42	5.38	7.15	4.35	5.48	5.59	7.68	5.63
30	6.05	3.83	5.93	3.17	4.68	5.35	7.02	4.57	5.65	8.03	3.47	5.13	4.05	7.32	5.30
31	1.78	3.31	4.65	2.46	4.55	4.56	4.91	4.84	4.83	6.21	2.91	4.51	3.95	6.11	4.25
32	3.24	4.20	4.97	3.62	4.38	5.05	5.63	5.53	4.61	7.10	4.20	5.40	4.79	7.46	5.08
33	4.73	4.80	5.62	3.76	4.93	5.40	5.77	4.88	4.87	7.94	4.06	5.55	5.10	7.61	5.35
34	3.48	4.12	5.00	3.11	4.30	4.68	5.16	5.07	4.92	6.38	3.70	4.49	4.03	6.65	4.65
35	3.60	3.75	4.97	2.80	4.25	4.49	5.40	4.21	4.86	5.79	3.96	4.40	4.68	6.46	4.55
36	5.03	4.29	5.56	2.54	5.41	4.88	5.34	4.92	4.11	6.29	3.29	4.83	4.57	7.05	4.88
Promedio	4.40	4.23	5.69	3.12	4.85	4.75	5.37	4.62	5.03	6.78	3.82	5.46	4.76	6.99	4.99
I <sub>j</sub>	-0.59	-0.76	0.70	-1.87	-0.14	-0.29	0.38	-0.37	0.04	1.79	-1.17	0.47	-0.23	2.00	

este híbrido también superó, significativamente, en rendimiento al testigo H-5. (Cuadro 5). La prueba de Tukey aplicada al rendimiento discrimina en primer lugar 11 híbridos de los 36 evaluados en catorce localidades. El primer grupo lo constituyen HB-85, P-8802, HS-3G4, Max-311, H-33 y HB-87, los cuales superaron al testigo H-5 (4.80 tm/ha) con 28 a 34%. (Cuadro 5). El HB-85 mostró adaptación a la mayoría de ambientes de prueba colocándose en los primeros cuatro lugares entre los 36 genotipos evaluados en catorce localidades (cuadro 3).

Podríamos considerar que el híbrido HB-85 llena todas las características de una variedad "deseable" (descritas por Carballo y Márquez, 1970) ya que sus características agronómicas como baja pudrición y cobertura de mazorca son excelentes. El proyecto regional de híbridos de Centro América ha logrado también notables progresos ya que el híbrido P-8802 de Panamá obtuvo también el primer lugar en rendimiento superando al testigo H-5 en 31%. Estos

resultados demuestran que la colaboración horizontal puede ser un instrumento notable que permite utilizar en forma eficiente los recursos económicos y técnicos de la región. El HA-46 mantiene su liderazgo en resistencia a pudrición de mazorca lo cual incrementa su potencial en el mercado regional y apoya el enfoque de mejoramiento para resistencia a factores adversos y bióticos que en el futuro contribuirán a una producción sostenida de maíz en la región. Los coeficientes de correlaciones simples estimados en el análisis combinado indican la magnitud de la asociación existente entre el rendimiento vs. mazorcas podridas, prolificidad y acame con coeficientes  $r = -0.43^{**}$ ,  $0.29^*$  y  $-0.45^{**}$  respectivamente, mazorcas podridas vs. acame,  $r=0.48^{**}$  (Cuadro 6).

Las diferencias entre ambientes pueden cambiar con frecuencia la magnitud en el comportamiento de un genotipo a través de diferentes localidades de prueba. Los agricultores demandan nuevos cultivares que respondan consistentemente

**Cuadro 4 Estadísticos estimados en el análisis de varianza combinado de 36 cultivares evaluados en catorce localidades de Centroamérica, Panamá y México. PCCMCA 1989.**

	REND t/ha	MAZ DESC %	MAZ POD %	PROL %	ACAME %
Media	4.99	9.90	8.77	97.00	127.00
C.V %	11.87	7.78	10.00	9.62	9.22
MDSH	0.642	5.75	5.29	9.05	11.80
G x A	**	**	**	**	**
Máximo	5.77	17.88	16.32	107.00	146.00
Mínimo	2.97	4.22	3.62	89.00	91.00

**Cuadro 5 Rendimiento y características agronómicas de híbrido superiores y testigos evaluados en catorce localidades de Centroamérica, Panamá y México. PCCMCA 1989.**

Hb	Kg/ha	% de H-5	D.A F Fem	Alt Maz	Maz Pod %	Maz Desc %	Prol %
HB-85	5723	134	54	132	6.65	3.84	100*
P-8802	5608	131	55	124	7.31	12.31	106
HS-3G4	5569	131	55	141	9.41	12.83	93
MAX-311	5516	130	55	134	5.88	11.78	101
H-B-33	5480	128	55	137	9.10	8.58	99
HB-87	5431	128	55	129	7.11	12.58	101
XC-H-53	5333	124	54	120	10.20	12.77	98
P-8941	5286	124	57	130	16.32	9.44	102
P-8812	5275	124	57	137	11.38	16.29	95
H-9	5274	124	56	141	6.77	7.29	95
P-8822	5271	124	55	130	7.65	7.54	101
HA-46	5231	122	55	123	3.62	5.17	107
B-833	5236	122	59	142	9.91	8.68	102
H-5	4269	100	57	147	10.06	4.39	93
MDSH	602		1.09	12	5.29	5.75	9
CV	8.60		2.10	3.6	12.10	11.68	10.0

a la mayoría de condiciones ambientales. De aquí, la necesidad de desarrollar cultivares que interaccionen positivamente con el medio ambiente utilizando modelos que permitan la identificación de genotipos estables.

El cuadro 7 presenta las medias de rendimiento Score AMMI e índices ambientales estimados en los análisis de varianza para los dos modelos de estabilidad utilizados en el presente trabajo. El modelo AMMI identificó ambientes neutrales como, Catacamas, Zamorano y Acacias en Honduras. Zamorano, fue clasificado como ambiente neutral por los dos modelos. Acacias fue clasificado como ambiente rico por Eberhart y Russell.

El cuadro 8 presenta el análisis de varianza para el modelo AMMI es notable que los genotipos, ambientes e interacciones poseen el 84.5% de la suma de cuadrados total. La interacción genotipo ambiente es importante ya que captura el 50% de la suma de cuadrados de genotipos. El componente principal PCA1 captura más o menos el 50% de la suma de

**Cuadro 6 Coeficientes de correlación simple entre características agronómicas, PCCMCA 1989.**

	Rend	M. Desc	M. Pod	Prol	Acame
Rend		NS	-0.43 **	0.29 *	-0.45 **
M. Desc			NS	NS	NS
M. Pod				NS	0.48 **
Prol					NS
Acame					1

**Cuadro 7 Medias de rendimiento y scores AMMI e índices ambientales. PCCMCA 1989.**

País	Localidad	Código	Media	I <sub>A</sub>	Score
					AMMI
México	Tapachula	PC21	5.46	0.47	0.4920
Honduras	Omonita	PC15	4.62	-0.37	0.4779
Nicaragua	Sn. Cristobal	PC09	3.12	-1.87	0.4281
Guatemala	Tiquizate	PC20	3.82	-1.17	0.4280
Panamá	Parita	PC10	4.85	-0.14	0.3716
Guatemala	Las Vegas	PC25	4.76	-0.23	0.3628
Panamá	Los Santos	PC11	4.75	-0.29	0.1841
El Salvador	S. C. Porrillo	PC02	4.23	-0.76	0.1396
Guatemala	Cuyuta	PC03	5.69	-0.70	0.1112
Honduras	Zamorano	PC16	5.03	0.04	0.0657
Honduras	Catacamas	PC13	5.37	0.38	0.0219
Honduras	Acacias	PC17	6.78	1.79	-0.0479
México	Poza Rica	PC26	6.99	2.00	-0.1511
Honduras	Comayagua	PC01	4.40	-0.59	-2.8843

**Cuadro 8 Análisis de varianza del rendimiento para estimar los valores aditivos de genotipos, ambientes y sus interacciones, modelo AMMI. PCCMCA, 1989.**

Fuente	G. L	CM	F ≤ 0.01
Ambientes	13	163.8944	***
Genotipos	35	14.8841	***
G x A	455	1.6317	***
PCA1	47	7.7163	***
Residual	408	0.9308	***
Error	1470	0.5621	***

cuadrados de la interacción indicando la importancia de G x A\*\* en la estimación de los scores para los genotipos continuando éstos resultados que el PCA1 tiene valores predictivos. El residual (14.5% de la SC total) indica que tiene posibilidades de éxito para valores predictivos, estos resultados coinciden con los obtenidos por Gauch y Zobel (1989).

La respuesta diferencial de los cultivares evaluados en diferentes ambientes implica la utilización de metodologías que permitan discriminar adecuadamente los genotipos que contribuirán al progreso por selección. En un programa de mejoramiento, se necesita mucha precisión para seleccionar materiales superiores dentro de un grupo de genotipos cuyas diferencias en potencial de rendimiento son mínimas, por otra parte es necesario entender bien la interacción genotipo

Cuadro 9 Medias y Parámetros estimados en el Análisis de Varianza para Estabilidad del Rendimiento de 36 Híbridos de Maíz evaluados en 14 localidades. PCCMCA 1989.

Nombre	Kg / ha	$\beta_i$	$S_{di}^2$	Score AMMI	r
HB-85	5.7231	1.270	0.126	0.4760	0.780
P-8802	5.6085	1.590**	0.140	-1.0860	0.866
HS-3G4	5.5699	1.590**	0.160*	-0.2874	0.846
MAX-311	5.5161	1.268	0.072	-0.5702	0.875
H-B-33	5.4800	1.280	0.040	-0.0610	0.901
HB-87	5.4319	1.000	0.100	0.4675	0.780
XC-H-53	5.3333	1.155	0.000	-0.8439	0.940
P-8941	5.2069	1.560*	0.143	-0.7620	0.854
P-8812	5.2758	1.690*	0.187*	0.0467	0.830
H-9	5.2741	0.993	0.159*	0.7925	0.703
P-8822	5.2717	1.175	0.040	0.0884	0.868
HA-46	5.2531	1.199	0.084	-0.6981	0.850
B-833	5.2365	1.220	0.041	-0.0654	0.890
ZCJ-66	5.2333	1.600*	0.030	-0.6867	0.938
XC-H-51	5.1387	1.550*	0.020	-0.4519	0.940
HB-83	5.1054	0.976	0.080	0.3328	0.800
H-B-30	5.1020	1.010	0.101	0.5556	0.784
H-S-3G3	5.0958	1.099	0.146*	0.4761	0.754
H-889	5.0909	1.200	0.159*	-0.8828	0.900
MAX-309	5.0215	1.050	0.106	0.0330	0.787
MAX-307	5.0175	1.040	0.040	-0.7107	0.737
TACSA-H-92	5.0135	1.030	0.020	-0.3160	0.890
HR-17	4.9240	1.270	0.046	-0.0280	0.900
HS-5G	4.8666	1.390*	0.065	-0.1021	0.899
ROCA-1	4.8119	0.999	0.131	-0.3310	0.742
H-53	4.8071	1.190	0.153	0.7391	0.770
TACSA-H-90	4.7487	0.961	0.080	-0.1046	0.783
HS-5G1	4.7189	1.190	0.154*	0.5423	0.714
HR-15	4.6988	0.794*	0.050	0.8873	0.783
HA-51	4.6781	1.030	0.053	0.3054	0.852
HS-UT-25	4.5715	1.116	0.116	0.0688	0.776
HA-52	4.5595	0.938	0.091	0.2255	0.777
TACSA-H-203	4.5512	1.099	0.070	0.4040	0.843
H-5	4.4230	1.100	0.082	0.1734	0.830
H-887	4.2699	0.918	0.143*	0.9526	0.661
HR-10 M	2.9759	0.640	0.008	0.2750	0.799

ambiente para poder hacer selecciones apropiadas para una región y evitar sorpresas desagradables en el futuro (Kempton, 1984; Bradley *et al.*, 1988, Gauch y Zobel, 1988).

El modelo AMMI ha demostrado su eficiencia por las razones siguientes: 1- Es más fácil el entendimiento de la interacción genotipo - ambiente al utilizar los Scores PCA presentados gráficamente (Kempton, 1984; Zobel *et al.*, 1988). 2- Predicción de estimaciones del rendimiento mas precisas al descartar el residual con mucho "ruido". 3- La mayor precisión se traduce en nuevas opciones para crear diseños experimentales con menos repeticiones y mayor número de tratamientos. 4-Mayor precisión mejora el éxito en seleccionar el material realmente superior (3 años sin usar AMMI equivalentes a 2 años usando AMMI). 5- El residual del AMMI puede revelar heterogeneidad en los experimentos en el campo. 6- El mejor entendimiento de las interacciones y la mayor precisión en las estimaciones del rendimiento hacen posible las recomendaciones de variedades más confiables y mejor progreso en el programa de mejoramiento (Gauch y Zobel, 1989).

Cuadro 10 Medias de Rendimiento y Parámetros de Estabilidad de Híbridos superiores evaluados en 34 ambientes de Cento América, Panamá y México. PCCMCA 1988-1989.

Híbrido	Kg/Ha	% H5	Be	$S_{di}^2$
HB-85	6077	128	1.05 NS	0.110 NS
HB-87	6066	128	1.00 NS	0.090 NS
HB-83M	5924	125	0.97 NS	0.070 NS
MAX-307	5764	122	1.15 NS	0.135 **
HA-46	5709	121	1.19 **	0.070 NS
B-833	5662	120	1.22 **	0.030 NS
XC-H-53	5461	115	1.15 NS	0.000 NS
H-5	4731	100	1.10 NS	0.070 NS

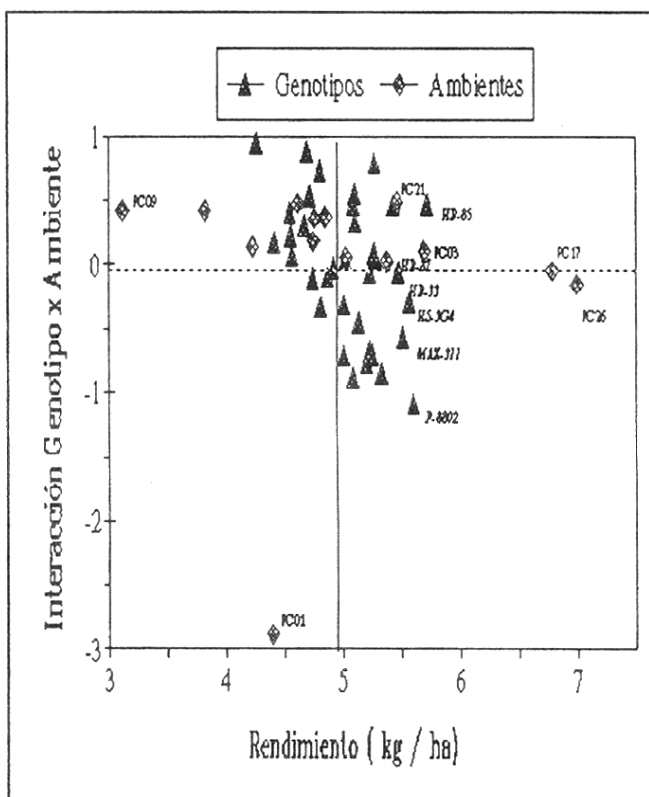


Figura 1 Estabilidad de híbridos de Maíz evaluados en 14 ambientes de Centro América y Panamá. Modelo AMMI. 1989.

Los cuadros 9 y 10 presentan los parámetros de estabilidad estimados para el análisis de varianza de estabilidad de rendimiento 1989 y el combinado de 32 localidades, 2 años y (36 repeticiones) respectivamente. El modelo de Eberhart y Russell identificó a los híbridos HB-87, HB-85 y XC-H-53 como los más estables ( $\beta = 1$ ,  $S_{di}^2 = 0$ ). Los híbridos más estables identificados por el modelo AMMI fueron HB-33, HS-3G4, MAX-309, B-833 (Figura 1), P-8802 de Panamá, este último híbrido fue clasificado con respuesta superior a ambientes ricos ( $\beta_i = 1.59$  \*\*) por Eberhart y Russell (1966).



El híbrido HB-85 fue clasificado como un híbrido que responde bien a la mayoría de ambientes. Los dos modelos coinciden solamente en el 40% de la identificación de híbridos que interaccionan menos con el ambiente. La mayoría de genotipos identificados como estables por el AMMI estuvieron abajo de la media de rendimiento. Los híbridos HB-85, HB-87, HB-83 y XC-H-53 mantienen su estabilidad del rendimiento a través de años y localidades con rendimientos de 6,000 kg/ha superando al testigo H-5 hasta en un 28% de rendimiento, MAX 307, B-833 y HA-46 mostraron poseer inconsistencia en su respuesta pero superaron al testigo H-5 hasta con 21 %.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El nuevo híbrido HB-85 rindió 5723 kg/ha superando al testigo H-5 con 34% y con características agronómicas de cobertura y pudrición de mazorca excelentes. Su adaptación a la mayoría de ambientes en Centro América, Panamá y México fue notable. En forma similar se comportó P-8802, HB-87, P-8812, XC-H-53, MAX 311 y HB-33.

2. Se ha realizado un notable progreso en el desarrollo de híbridos en los 3 años pasados y la mayoría de los programas nacionales poseen híbridos superiores al testigo, sin embargo, falta una promoción agresiva para que estos genotipos lleguen a los agricultores.

3. El modelo de Eberhart y Russell y AMMI coincidieron solamente en un 40% en la identificación de genotipos estables y con media de rendimiento alta a través de los diferentes ambientes.

4. El análisis de combinado de estabilidad de 34 localidades en 2 años y 136 repeticiones identificó a los híbridos HB-85, HB-87, HB-83M y XC-H-53 como híbridos estables ( $\beta_e = 1$ ,  $S_{di}^2 = 0$ ) con rendimiento de 6.00 ton/ha superando al testigo H-5 en 28 %.

5. Se recomienda que se impulsen programas agresivos de transferencia de tecnología y de producción de semilla de buena calidad. Estableciendo programas de transferencia masiva.

## BIBLIOGRAFIA

ALLARD, R. W.; BRADSHAW. 1967. Implication of Genotype environment interaction, in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4:503-509.

BONNY, R.N., Tate. ;M. KERLOVA. 1985. Segregating Populations of Cow Pea. *Crop Sci* 25. 208-210.

BLUM, A. 1988. Plant breeding for stress environments. 18-28. CRC press.

BRADLEY J.P., KNITTLE K.H., TROYER A.F. 1988. Statistical methods in seed corn production and selection. *J. Prod Agric* 1:34-38

CARBALLO, C.A., y MARQUEZ, S.P. 1970. Comparación de variedades de maíz de El Bajío y La Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agro-Ciencias* 5 (1): 129-146.

CORDOVA A, H.S. 1978. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades. Guatemala, ICTA 35 p.

CORDOVA, H.S., RAUN, W., y BARKER. T. 1988. El uso de parámetros de estabilidad para determinar la adaptación de 36 cultivares de maíz. Simposium Modelos de Estabilidad para Evaluar la Adaptación de Cultivares. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA. San José, Costa Rica.

CORDOVA, H.S. 1989. Evaluación de 36 cultivares de maíz en 20 ambientes de Centro América, Panamá y El Caribe PCCMCA. XXXV Reunión Anual del PCCMCA, San Pedro Sula. Honduras, abril 2 al 7.

CROSSA, J. 1988. Análisis predictivo y postdictivo en evaluación de cultivares de maíz. Simposio, uso de modelos de estabilidad para determinar la adaptación de cultivares. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA, San José, Costa Rica.

DA VILA. P.A., CORDOVA A, H.S., y POEY F.R. 1978. Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de variedades comerciales y experimentales de maíz (*Zea mays* L): (I) Zona Media. XXIV Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador.

DE PAZ, R., POEY F., y CORDOVA. H.S. 1977. Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el altiplano de Guatemala (II) zona alta. XXIV Reunión Anual PCCMCA, San Salvador, C.A.

DE PAZ, R., OZAETA M. y CORDOVA, H.S. 1979. Segunda fase en la Evaluación de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el altiplano de Guatemala. XXV Reunión Anual PCCMCA, Tegucigalpa, Honduras, C.A.

EBERHART T. S.A.; RUSSELL. W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6:36-40

FINLAY, K.W.; WILKINSON. G.N. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program, *Aust. J. of Agriculture research*, 14,742.

GADNER. C.O. y MARECK. J.H. 1977. Stability of yield of original and improved populations of maize grown over a wide range of environments. *Agron. Abst.* 55p. Am. Soc. Agron.

GAUCH, H.G., ZOBEL, R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. *Theory Appl Genet* 76:1 10 Gauch. H.G. and Zobel, R.W. 1989. Accuracy and selection success in yield-trial analyses. *Theor Appl. Genet* 77:473-481.

KANG, M.S. 1988 B. A rank-sum method for selection of high yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. comun.* 16: 113-115.

KANG. M.S. 1990. Understanding and utilization of genotype by environment interaction in plant breeding. Symposium in : Genotype by environment interaction and plant breeding. Louisiana State University, Agricultural Center. Page 65.

KEMPTON, R.A. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *J Agric Sci* 103:123-135

MARQUEZ, S.F. VALLEJO. R.P. y CORDOVA, H.S. 1983. Variedades sintéticas de maíz. Colegio de Post-Graduados, Chapingo. México 70p.

MIEZAN, K., WALKER, T.L., MILIKEN, G.A. y LIAN, G.H. 1977. Problems in using regression coefficients as stability parameters in breeding program. *Agron. Abst.* 64p. Am. Soc. Agron.

OSORIO, F. 1988. Análisis predictivo y posdictivo en evaluación de cultivos de maíz. Simposio. uso de modelos de estabilidad para determinar la adaptación de cultivares. XXXIV Reunión Anual del PCCMCA. San José. Costa Rica.

SALGUERO, V., CORDOVA, H.S., CRISOSTOMO, C. y POEY, F.R. 1977. Uso de parámetros de estabilidad en la evaluación de híbridos comerciales y experimentales de maíz (*Zea mays* L): XXII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá.

SHUKLA, G.K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. *Heredity* 29: 237-245.

ZOBEL, R.W.; WRIGHT, M.J.; GAUCH, H.G. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393

### RECONOCIMIENTO

El presente documento es el resultado del trabajo cooperativo, de las siguientes entidades e instituciones de Centro América, Panamá, El Caribe y México; a quienes se agradece por su invaluable aportación profesional.

Costa Rica Kenneth Jiménez, Carlos Salas, (Universidad de Costa Rica), José González, Carlos Calderón (Ministerio de Agricultura).

El Salvador Adán Aguiluz, Héctor Deras (CENTA).

Guatemala Carlos Pérez, Luis Larios, Nery Soto, José Luis Quemé (ICTA); Antonio Cristiani (Cristiani Burkard); Roberto Velázquez (SEMINAL, TACSA)

Honduras Luis Brizuela, Víctor Méndez, Humberto Mejía, José Paz, (S.R.N.); Leonardo Corral (El Zamorano).

Nicaragua Roger Urbina, Marvin Ovando (MIDINRA)

México Semilla TACSA, Ramón J. Godoy (Semillas Híbridas. S.A.); PIONEER (Selecciones Genéticas).

Rep. Dom. Ramón Celado, Rodolfo Pierre (CESDA).

Panamá Alfonso Alvarado, Daniel Pérez, Ismael Camargo (IDIAP)

E.E.U.U Federico Poey (AGRIDEC).

\*\* Los coordinadores de los Programa Nacionales de Maíz (CRP) agradecen a las compañías de semillas que operan en la región, por el apoyo económico brindado para la conducción de los experimentos, siendo estas:

DEKALB, CRISTIANI BURKARD, SEMINAL, PIONEER, AGRIDEC y SEMILLAS TACSA.